

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-200681

(43)公開日 平成8年(1996)8月6日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

F 2 3 R 3/42

識別記号

A

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平7-11275

(22)出願日 平成7年(1995)1月27日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 西 和也

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 和知 弘

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 谷田 正三

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ガスタービン燃焼器

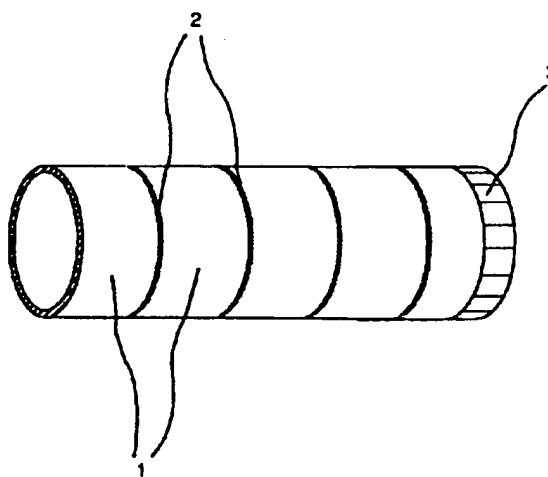
(57)【要約】

【目的】本発明の目的は、高温運転時の信頼性を高めた酸化物分散強化型合金製の発電用ガスタービン燃焼器及びその製造方法を提供することにある。

【構成】ガスタービン燃焼器のライナの製造工程において、分散強化合金の短所である接合部の強度低下を最小限に抑制するように、複数の円筒をライナの長手方向に連結する接合方法を採用する。

【効果】製造コストが低く、かつ耐熱性、高温強度に優れたガスタービン燃焼器が提供できる。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】空気と混合した燃料を燃焼させ、圧力の大きい燃焼ガスを発生させ、該燃焼ガスを、機械的エネルギーに変えるための羽根に当てるように導くためのガスタービン用燃焼器において、

前記ガスタービン用燃焼器のライナが金属マトリクス中に微細な酸化物粒子を分散して強化した合金により円筒状に構成され、かつ前記ライナが複数の円筒を連結して構成されていることを特徴とする発電用ガスタービン燃焼器。

【請求項2】空気と混合した燃料を燃焼させ、圧力の大きい燃焼ガスを発生させ、該燃焼ガスを、機械的エネルギーに変えるための羽根に当てるように導くためのガスタービン用燃焼器において、

前記ガスタービン用燃焼器のライナが金属マトリクス中に微細な酸化物粒子を分散して強化した合金により円筒状に構成され、かつ前記ライナが複数の円筒を突合せ溶接して構成されていることを特徴とする発電用ガスタービン燃焼器。

【請求項3】空気と混合した燃料を燃焼させ、圧力の大きい燃焼ガスを発生させ、該燃焼ガスを、機械的エネルギーに変えるための羽根に当てるように導くためのガスタービン用燃焼器において、

前記ガスタービン用燃焼器のライナが金属マトリクス中に微細な酸化物粒子を分散して強化した合金により円筒状に構成され、かつ前記ライナが複数の径の異なる円筒を嵌め合わせた後、リベット、ろう付け、溶接、拡散接合の内の少なくとも一つの方法を用いて接合して構成されていることを特徴とする発電用ガスタービン燃焼器。

【請求項4】請求項1～3のいずれかに記載の燃焼器のライナの外周部に、前記ライナの外径よりも大きい外径を有する円筒からなる補強用の外枠が設けられていることを特徴とする発電用ガスタービン燃焼器。

【請求項5】請求項1～3のいずれかに記載の燃焼器のライナのうち、燃焼温度の高い円筒は、金属マトリクス中に微細な酸化物粒子を分散して強化した合金により構成され、燃焼温度の低い円筒は、冷却孔を有する組織中に微細な酸化物粒子を分散しない通常の合金からなることを特徴とする発電用ガスタービン燃焼器。

【請求項6】請求項1～5のいずれかに記載の燃焼器のライナを構成する円筒の少なくとも一つが溶接部を持たないシームレスパイプであることを特徴とする発電用ガスタービン燃焼器。

【請求項7】請求項1～3のいずれかに記載の金属マトリクスがニッケル基合金または鉄基合金であることを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項8】請求項1～7のいずれかに記載のガスタービン燃焼器を有するガスタービン装置。

【請求項9】請求項1～7のいずれかに記載のガスタービン燃焼器用ライナ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明はガスタービン用燃焼器、該燃焼器を用いた発電用ガスタービン及び火力発電システムに係り、特に耐熱性の高い酸化物分散強化型合金を用いたガスタービン用燃焼器、該燃焼器を用いた発電用ガスタービン及び火力発電システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】発電などの目的に用いる産業用ガスタービンは熱効率を向上させるため、燃焼ガス温度の高温化が検討されている。そのため燃焼器やタービン動翼、静翼等の部材表面は従来よりもより高い温度にさらされる。一方、燃焼ガスが高温化すると、燃焼時に発生する窒素酸化物（以下 $\text{NO}_x$ と略す）量も増大するため、環境への配慮から排出 $\text{NO}_x$ 量を低減させる必要も生じる。この排出 $\text{NO}_x$ 量の低減にはコンプレッサで圧縮された空気のうち、従来材料の冷却に使用していた空気を燃焼用に回し、燃焼前の圧縮空気と燃料との混合気を希薄化することで燃焼時の火炎温度を均一化することが最も有効である。従って燃焼ガス温度を高温化したガスタービンに使用される材料に関しては、燃焼ガス自体の高温化と冷却空気の減少の二つの要因が重なって耐用温度の飛躍的な向上が要求される。ガスタービンの構成要素の中でも鋳造により製造される動翼、静翼等の部位については、合金組成の改良や一方凝固法の導入などの鋳造プロセスの改良により、高温強度を向上させた多くの合金が近年開発、提案されているが、燃焼器のライナ及びトランジションピースにおいては、材料の高温強度以外の特性として、板にするための熱間加工性及び溶接性が要求されるため、既存材料であるNi基あるいはCo基の鍛造合金以降に強度を飛躍的に高めた合金は実用化されていない。

【0003】一方、従来の鍛造及び鋳造で製造合金よりも優れた高温強度を有する合金として、金属マトリクス中に高温まで安定な酸化物粒子を機械的合金化法により微細分散し、耐用温度の向上を図った酸化物分散強化型合金が開発されている。酸化物分散強化型合金はマトリクス中に発生した転位の移動を、分散粒子のピン止めにより阻止することで強化されており、分散粒子は炭化物、金属間化合物等の析出相に比べて高温まで安定であるため、融点近傍まで高い強度が維持される。製造方法としては機械的合金化法（Mechanical Alloying：以下MAと略す）が一般的に用いられる。原料として純金属、合金及び耐化物の微細な粉末を使用し、これらの粉末を高エネルギーボールミル中で混合した後に焼結して固形化し、更に高温で加工及び結晶粒粗大化のための熱処理を施して使用される。

【0004】この技術として、特開昭47-42507号が知られている。

50 【0005】

【発明が解決しようとする課題】鉄基あるいはニッケル基のマトリクスを有する粒子分散強化型合金は、熱間での鍛造、圧延等による加工が可能であり、薄板材に成型した場合も優れた高温強度を示す。従って燃焼器ライナの構成材料として従来使用されてきた鍛造合金に替わり酸化物分散強化型合金を使用すれば、発電用ガスタービンの一層の高効率化並びに排出 $\text{NO}_x$ 量の低下を実現することが期待される。しかしながら合金を燃焼器ライナの形状に成型する際には、薄板を円筒形状に丸めた後に突合せの部分で溶接等を用いて接合する必要が生じる。酸化物分散強化型合金を溶接した場合には溶融部において分散粒子が凝集し、粒子の均一かつ微細な分散組織が破壊される。その結果、接合部における酸化物分散強化の効果は消失し、高温域での降伏強度、クリープ破断強度あるいは延性等の機械的特性が低下することは広く知られている。酸化物分散強化型合金を高温構造部材料として使用する場合には、この溶接接合部分の強度低下を考慮した設計が必要になる。接合部を持たないシームレスタイプの燃焼器ライナを製造すれば、上記のような接合部の特性低下による損傷が生じることはない。しかし発電用ガスタービンの燃焼器ライナは、直径に対する奥行き寸法比が大きく、押出し加工等を用いてインゴットからライナ全体をシームレス構造として成型するのは極めて困難であり、成型できた場合も分散強化型合金自体の材料作製費用も含めた製造コストの著しい増大は避けられず、実用的ではない。本発明の目的は、高い耐熱性、強度を有し、低い製造コストで製造できる酸化物分散強化型合金を用いた燃焼器及びその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明ではガスタービン用燃焼器を、ガスタービン用燃焼器のライナが、金属マトリクス中に微細な酸化物粒子を分散して強化した合金により円筒状に構成し、かつ前記ライナが複数の円筒を連結することにより構成した。この場合の円筒とは、断面が完全な円であることを示すものではなく、断面が閉じた形状になっていることを示すものである。従って、断面形状が長円形状であってもよく、矩形であってもよい。ただし、断面形状が完全な円である方が、高压の燃焼ガスの圧力が部分的に集中することがなく好ましい。

【0007】更にガスタービン用燃焼器のライナが金属マトリクス中に微細な酸化物粒子を分散して強化した合金により円筒状に構成され、かつ前記ライナが複数の円筒を突合せ溶接して構成することが好ましい。

【0008】また、ライナが複数の径の異なる円筒を嵌め合わせた後、リベット、ろう付け、溶接、拡散接合の内の少なくとも一つの方法を用いて接合して構成しても良い。

【0009】更に、燃焼器のライナの外周部に、前記ラ

イナの外径よりも大きい外径を有する円筒からなる補強用の外枠が設けられていても良い。

【0010】また、上記の燃焼器において、燃焼温度の低い円筒は、冷却孔を有する通常の合金で構成しても良い。

【0011】また、上記の燃焼器のライナを構成する円筒の少なくとも一つが溶接部を持たないシームレスパイプであることが好ましい。

【0012】また、上記酸化物強化型合金は金属マトリクスがニッケル基合金または鉄基合金であることが好ましい。

【0013】また、上記のガスタービン燃焼器をガスタービン装置に適用することが特に好ましい。

【0014】また、本発明は上記のようなガスタービン燃焼器用ライナである。

【0015】

【作用】ガスタービン運転時において燃焼器ライナの受ける負荷として問題になるのは、材料温度の不均一性による温度差に起因して発生する熱応力である。燃焼器ライナにおいて材料温度の不均一性が生じる原因としては、タービン起動停止時の加熱速度あるいは冷却速度が場所により異なる場合や、定常運転時の火炎温度や冷却効果が均一でない場合等が考えられる。温度勾配はライナの円筒の周方向に対して生じる場合と軸方向に対して生じる場合が想定されるが、ライナの形状を考慮すると、どちらの場合も円筒の軸方向に比べて周方向に大きな負荷が加わることが示される。このため従来のような、円筒の軸方向（円筒の高さ方向）に溶接が施された構造を酸化物分散強化型合金を使用した燃焼器ライナに適用した場合は、溶接線に対し高温使用時の負荷が垂直に作用することになり、信頼性の低い溶接手法を使用した際には、短時間の運転後においても溶接部は容易に変形、亀裂発生等の損傷を受け、ガスタービンの長時間運転に対し支障を来す可能性がある。

【0016】高温使用時の溶接部への負荷を軽減する方法の一つとして、ライナの外面に補強用の外枠を設けることが考えられる。外枠とライナをリベットなどで固定することでライナの変形を防止できる。外枠の材質としては、ライナと同質の酸化物分散強化型合金あるいは他の種類の鍛造可能な耐熱合金により構成されることが好ましい。外枠の形状はライナの外径よりも大きい外径を有する円筒あるいはリングとすることが好ましい。円筒あるいはリングの間を棒状の棒で繋いだ物を使用しても良い。

【0017】また直径に対する奥行き寸法の短い薄肉円筒ならば、インゴットの中央部をくり抜き、内側と外側からロールその他の治具を用いて加工を行うことで、シームレス構造の物が比較的容易に製造可能である。この奥行き寸法の短い円筒を複数個、外周方向に接合することで、軸方向に溶接線を持たない燃焼器ライナを成型できる。接

合部の接合法としては、溶接(TIG、レーザ、電子ビーム)、真空ろう付け、拡散接合、及びリベットによる接合を用いることができる。このうち、拡散接合及びリベットによる接合部は、母材強度の8割を超える強度を室温及び高温で得ることができるため好ましい。溶接による接合部は高温強度の低下が大きい、溶接ビード線の幅が5mm以下であれば、接合部は母材強度の8割近い高温引張り強度を得ることが可能であるため、入熱量、溶接速度等を制御して、溶接ビード線の幅が5mm以下となるようにすることが好ましい。

【0018】本発明である燃焼器ライナを構成する酸化物分散強化型合金には、ニッケルあるいは鉄をマトリックスの主成分とする合金を使用することが好ましい。酸化物粒子の含有量が増大するほど合金の高温強度は向上するが、鍛造、圧延性が低下するため体積率にして2%以下に押さえることが好ましい。Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を分散粒子として用いる場合は重量%で0.1~1.5%の範囲の含有量とすることが好ましい。MA後の混合粉末は軟鋼又はステンレス製のカプセル真空封入された後、HIP処理などの手法で固形化される。固形化後のインゴットは鍛造、圧延及びスピニングなどの熱間加工により薄板あるいは薄肉の円筒に成型される。酸化物分散強化型合金は加工硬化の度合いが大きいため、加工は複数の回数に分けて行う必要があり、また1回の加工量は材料に割れが生じない程度に慎重に見積もる必要がある。特にニッケル基合金の加工の際には注意を要する。また加工温度が高温の場合ほど加工は容易になるが、加工温度が再結晶温度まで達すると、最終熱処理時において結晶粒成長の駆動力となる歪エネルギー(MA時に蓄積される)が、加工段階において解放されその結果として、結晶粒の粗大化が起こらず材料の高温強度の低下を招く恐れがある。従ってニッケル基合金の場合、加工温度は900℃から1100℃の範囲とするのが好ましい。鉄基合金についてはニッケル基合金に比べて加工が容易であるが、400℃から1000℃の温度域で加工を行うのが好ましい。

【0019】シームレス薄肉円筒の作製は、固形化後のインゴットを鍛造により円盤形状に成型した後で、円盤中央部を機械加工によりくり抜き、円盤内部と外部からロールをあてて圧延する、または円盤の外壁側を型で固定しスピニングにより内壁側から減肉することで行う。機械加工によりくり抜いた中央部は、削り代となり製造コスト的に不利になるが、HIPの段階で中央部をくり抜いた厚肉円筒形状に焼結することにより、削り代を少なくし材料を有効に使用することが出来る。

【0020】薄板を曲げ加工してライナを成型する場合、曲げ加工は熱間で行うことが好ましく、加工温度は600℃から1100℃の範囲とするのが好ましい。また、突合せ部における接合は、接合線が円筒の軸方向であるため信頼性の高い接合法を用いる必要がある。拡散接合あるいはリベットによる固定を適用した場合は高温

強度の低下が小さく、高い信頼性が得られるため好ましい。一方溶接またはろう付による接合を行った場合には、高温引張強度及び延性は母材の6割以下まで低下してしまう。これは溶接溶融部と母材の境界、あるいはろう材と母材の境界に、分散酸化物粒子の凝集に起因する酸化物層が形成され、負荷が加わる際にこの境界が破壊の起点となるためである。しかしながら溶接時に入熱条件等を最適化し、溶融ビード幅を5mm以下に狭めることで、境界の酸化物層の形成は抑制され、高温引張強度は母材の8割近くまで向上する。溶接法はTIG、レーザ、電子ビームのいずれにおいても、同様の特性を得ることが出来るが、ビード幅の制御が容易なレーザあるいは電子ビーム溶接の適用がより好ましい。

【0021】シームレス円筒を周方向に接合しライナを成型する場合には、接合部に加わる負荷は減少する。このため溶接を適用する際に、ビード幅について細かく制御する必要はなくなる。しかしながら信頼性を考慮すると、やはり溶接時の溶融ビード幅は5mm以下に抑えることが好ましい。また拡散接合あるいはリベットによる接合を使用することも好ましい。

【0022】またタービン運転中における燃焼器ライナの材料温度は、通常運転の場合は前方部の燃料ノズル側の方が高く、後方のトランジションピース側に移るにつれて材料温度は低下する傾向にある。酸化物分散強化合金は従来鍛造合金に較べて材料コストが高いため、ライナ前方の高温部のみ分散強化合金を使用し、後方は酸化物分散強化されていない従来の鍛造合金を用いて、両者を接合してライナとすることで、ライナの製造コストを下げることが出来る。高温運転時の接合部の熱応力を緩和するため、後方の鍛造合金には熱膨張係数、弾性定数等の材料物性値が、前方部の酸化物分散強化合金に近い材料を選び使用することが好ましい。

【0023】以上に表記した製造工程のいずれの場合においても、合金をライナの形状に成型後に酸化物分散強化型合金の融点近傍の高温域で、結晶粒粗大化を目的とした熱処理を行う必要がある。この最終熱処理を行わない場合には、合金中にMA及び熱間加工段階で形成された微細結晶粒組織が残留し、高温部材として必要な十分な強度特性を得ることができない。熱処理温度は、熱間加工温度の100℃以上から合金融点の50℃以下の温度範囲で設定し、保持時間は0.5時間以上とすることが好ましい。ニッケル基の酸化物分散強化型合金の場合は、1250℃から1350℃の温度域で保持時間1時間以上の条件で実施することが好ましい。鉄基の酸化物分散強化型合金の場合は、1250℃から1400℃の温度域で保持時間1時間以上の条件で実施することが好ましい。

【0024】

【実施例】

(実施例1)重量%で20Cr-0.3Al-0.5Ti

10

20

30

40

50

-0.6Y2O3-0.04C, 残部Niの組成の合金(Inconel alloy MA754 相当)を用い、図1に示す発電用ガスタービン用燃焼器ライナを製造した。(外径250mm, 長さ300mm)重量6.5kgの原料粉末に対してアトライターを用いて30時間の機械的合金化処理を行い、回収した粉末を軟鋼カプセルに真空封入した後、HIP処理により固化した。HIP処理の条件は1050℃, 1500kgf/cm<sup>2</sup>, 1時間保持とした。

【0025】HIPの段階で厚肉パイプ形状のインゴットとし、そのインゴットを機械加工により輪切りにし数個に分割した後、各々を熱間スピニング加工により薄肉化し、シームレス円筒を作製した。更に1315℃で1時間の熱処理を行い結晶粒の粗大化を行った後、個々のシームレス円筒をレーザ溶接により周方向に接合し、燃焼器ライナを製造した。溶接接合部のビード幅は5mm以下とした。酸化物分散強化型合金は900℃以上の高温での使用に耐えるため、従来の鍛造合金で構成される燃焼器ライナよりも運転中の冷却空気使用量を低減できる。従ってライナの表面にはフィルム冷却用の冷却孔を設ける必要はなく、タービン運転中は外壁側の対流冷却のみで使用される。ライナの後方には、トランジションピースと接続するためのスプリングシールをスポット溶接により取り付けしている。スプリングシールの材質にはX-750相当のNi基鍛造合金を使用した。またライナの内壁には、耐酸化及び耐腐食特性向上のための合金コーティングを施した上に、更にセラミックス(ZrO<sub>2</sub>)による熱遮蔽コーティングを施した。

【0026】(実施例2)実施例1と同じ製造工程により酸化物分散強化型合金製シームレス円筒を3個作製した。加工段階においてシームレス円筒の片方の内径をもう一方側が内部に入り込む程度に広げた後、三つの円筒を嵌め合わせ、周方向にリベットによる接合を行い一体化した。さらにHastelloy-X 相当の合金組成を有する鍛造合金円筒を後方にリベット接合することで燃焼器ライナを製造した。図2にライナの構造について示す。後方部の鍛造合金の円筒は圧延により薄板化した後、曲げ加工により円筒形状に成型しレーザ溶接により突合せ部を接合して作製した。後方部の鍛造合金部分においては、フィルム冷却用の冷却孔を機械加工により形成した。実施例1と同様のコーティング処理をライナ内壁に施した。リベット接合は、図3に示すように接合部にろ

う材を介在させた後、リベット接合したものである。リベットの材質には薄板母材部と同じ合金を使用した。またリベット接合部の板同士間のすり合わせの部分は、真空ろう付によりシーリングを行った。ろう材には薄板母材合金のマトリックスに近い組成を持つ合金を使用した。

【0027】また、比較として実施例1と同じインゴットを、約1000℃での熱間圧延及び加工歪除去のための熱処理を繰り返すことで厚さ2mmのシートに加工し、更に熱間曲げ加工により直径250mm, 長さ300mmの円筒を製造した。その後1315℃で1時間の熱処理を行い結晶粒の粗大化を行った酸化物分散強化合金を図4, 図5に示すように、ライナの長手方向にレーザ溶接、リベット接合した燃焼器ライナを製造した。表面のフィルム冷却用の冷却孔は設けていない。また、実施例1と同様のコーティング処理をライナの内壁に施した。

【0028】これらの図1, 図2, 図4及び図5に示す燃焼器ライナを用いて燃焼試験を行ったところ、比較例である図5, 図6に示す燃焼器ライナでは、接合部に亀裂等が生じたが、本発明の実施例である図2, 図3に示す燃焼器ライナでは、そのような問題は生じなかった。

【0029】

【発明の効果】本発明により提供される燃焼器ライナを発電用ガスタービンに搭載することで、タービン運転温度の高温化及び、火力発電システムの高効率化が、排出されるNOxの増加を伴うことなく実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の方法で製造した燃焼器ライナ。

【図2】本発明の実施例2の方法で製造した燃焼器ライナ。

【図3】本発明の実施例2の方法で製造した燃焼器ライナの接合部断面図。

【図4】本発明の比較例として製造した燃焼器ライナ。

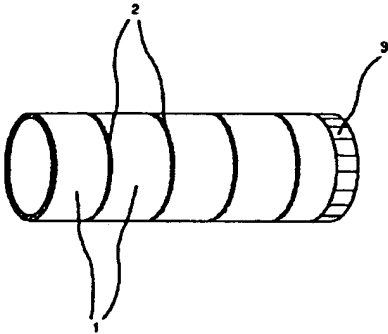
【図5】本発明の比較例として製造した燃焼器ライナ。

【符号の説明】

1…酸化物分散強化型合金製シームレス円筒、2…レーザ溶接部、3…スプリングシール、4…鍛造合金円筒、5…リベット、6…フィルム冷却孔、7…ろう材、8…酸化物分散強化型合金、9…酸化物分散強化型合金製円筒。

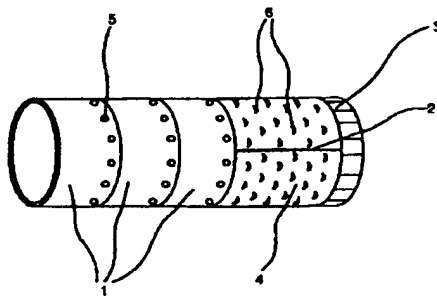
【図1】

図 1



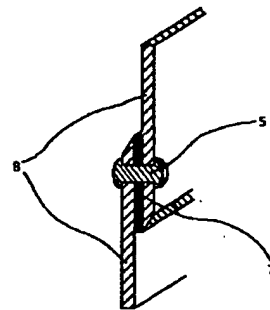
【図2】

図 2



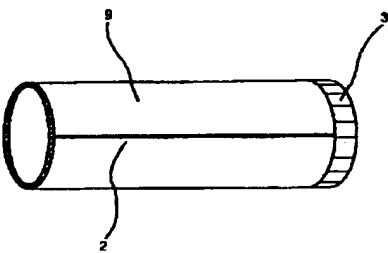
【図3】

図 3



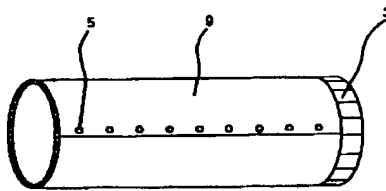
【図4】

図 4



【図5】

図 5



フロントページの続き

(72)発明者 福井 寛  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株  
式会社日立製作所日立研究所内

CLIPPEDIMAGE= JP408200681A

PAT-NO: JP408200681A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08200681 A

TITLE: GAS TURBINE BURNER

PUBN-DATE: August 6, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

NISHI, KAZUYA

WACHI, HIROSHI

TANIDA, SHOZO

FUKUI, HIROSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HITACHI LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP07011275

APPL-DATE: January 27, 1995

INT-CL (IPC): F23R003/42

ABSTRACT:

PURPOSE: To manufacture a burner having high heat resistance and strength at a low cost by forming the liner of the burner for a gas turbine in a cylindrical shape of specific alloy, and forming the liner by coupling a plurality of cylinders.

CONSTITUTION: The liner of a burner for a gas turbine is formed in a cylindrical shape of alloy (nickel-base alloy or iron-base alloy) in which fine oxide particles are dispersed in metallic matrix to be strengthened, and formed by coupling a plurality of cylinders (preferably seamless pipes) 1. In this case, the liner is formed by engaging the cylinders having

a plurality of  
different diameters, and then connecting them by at least  
one of revetting,  
brazing, welding and diffusion bonding. Thus, the burner  
having high heat  
resistance and strength can be manufactured at a low cost.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO